

TINJAUAN KUAT LENTUR PLAT BETON *GEOPOLYMER* BERTULANG DENGAN TULANGAN BAMBU PILIN

Tugas Akhir

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh:

WARSENO BAYU SAPUTRO
NIM : D 100 110 070

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

TINJAUAN KUAT LENTUR PLAT BETON *GEOPOLYMER* BERTULANG DENGAN TULANGAN BAMBU PILIN

Tugas Akhir

Diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran
Tugas Akhir dihadapan Dewan Penguji pada tanggal, 11 November 2016

diajukan oleh:

Warseno Bayu Saputro

NIM : D 100 110 070

Susunan Dewan Penguji

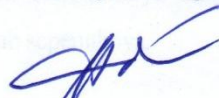
Pembimbing Utama



Ir. H. Ali Asroni, MT

NIK.484

Pembimbing Pendamping



Ir. Suhendro Trinugroho, M.T.

NIK.732

Anggota :



M. Solikin, ST, MT, PhD.

NIK : 792

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil.

Surakarta

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunasono, MT., Ph.D.

NIK.682

Ketua Program Studi Teknik Sipil



M. Solikin, ST, MT, PhD

NIK : 792

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Warseno Bayu Saputro
NIM : D 100 110 070
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil
Judul : Tinjauan Kuat Lentur Plat Beton Geopolymer
Bertulang Dengan Tulangan Bambu Pilin.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir yang saya buat dan saya serahkan ini, merupakan hasil karya saya bersama bapak Ir. H. Suhendro Trinugroho, M.T., bukan jiplakan dari orang lain. Kecuali kutipan dan ringkasan pendapat atau temuan orang lain yang telah saya jelaskan sumbernya berdasarkan kode etik ilmiah. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa karya ilmiah saya adalah hasil jiplakan, saya bersedia bertanggung jawab sepenuhnya.

Surakarta, 11. November 2016
Yang Membuat Pernyataan



(Warseno Bayu Saputro)

MOTTO

“Sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhan-Mulah hendaknya kamu berharap”.
(Qs. Al Insyiqaaq : 6 –8)

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar, keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”.
(H. Habibie)

“Berangkat dengan penuh keyakinan, berjalan dengan penuh keiklasan, istiqomah dalam menghadapi cobaan. YAKIN, IKHLAS, ISTIQOMAH”.
(WBS)

“Berusaha jangan sampai terlengah walau sedetik saja, karena atas kelengahan kita tak akan bisa dikembalikan seperti semula”.
(WBS)

PRAKATA

Assalaamu'alaikum Wr Wb.

Alhamdulillah, segala puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah Swt atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini disusun guna melengkapi persyaratan untuk menyelesaikan program studi S1 pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dengan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- 1). Bapak Ir. H. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 2). Bapak M. Solikin, ST, MT, Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, sekaligus sebagai Dosen Penguji Tugas Akhir.
- 3). Bapak Ir. Ali Asroni, M.T., selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan.
- 4). Bapak Ir. H. Suhendro Trinugroho, M.T., selaku Pembimbing Pendamping yang juga telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya Tugas Akhir ini.
- 5). Bapak dan ibu dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta terimakasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.
- 6). Kedua orang tuaku dan adik saya yang tercinta terimakasih atas doanya, sehingga saya mampu menjalani semua ini.
- 7). Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan dan semoga laporan ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Surakarta, 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
MOTTO	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAKSI.....	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan masalah.....	3
F. Keaslian Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Beton.....	5
B. Plat Beton Bertulang.....	5
C. <i>Geopolimer</i>	5
D. <i>Binder</i>	6
1. <i>Fly ash</i>	6
2. Alkaline aktivator.....	7
E. Material Bambu Pengganti Tulangan Baja	8

BAB III LANDASAN TEORI

A. Sistem Penulangan Plat	10
1. Penulangan plat satu arah	10
2. Penulangan plat dua arah.....	10
B. Bahan Penyusun Plat Beton <i>Geopolymer</i> Bertulang.....	11
1. Agregat	11
a). Agregat halus.....	11
b). Agregat kasar.....	12
2. Air	13
3. <i>Fly ash</i>	13
4. Tulangan bambu.....	14
C. Pengujian Kuat Tarik Baja Dan Bambu Pilin	14
D. Pengujian Beton Dan Plat Beton Bertulang	14
1. Kuat tekan beton	14
2. Kuat lentur plat beton bertulang.....	15

BAB IV METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian.....	17
1. Abu terbang (<i>fly ash</i>)	17
2. Sodium silikat dan sodium hidroksida	17
3. Tulangan bambu pilin	18
4. Pasir	18
5. Kerikil	18
6. Air	19
7. Tulangan baja.....	19
B. Peralatan Penelitian	20
1. Satu set ayakan	20
2. Penggetar ayakan.....	20
3. Timbangan.....	21

4. Gelas ukur.....	21
5. Kerucut <i>abram's</i>	22
6. <i>Concrete molen</i>	22
7. <i>Oven</i>	22
8. <i>Bekisting</i>	23
9. Alat uji kuat tekan dan kuat lentur	23
10. Peralatan penunjang lain	24
C. Tahapan Penelitian	25
D. Pelaksanaan Penelitian.....	27
1. Pemeriksaan bahan	27
a). <i>Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus</i>	27
b). <i>Pemeriksaan kandungan zat organik agregat halus</i>	28
c). <i>Pengujian Saturated Surface Dry (SSD) agregat halus</i>	28
d). <i>Pemeriksaan berat jenis (Specific Gravity) agregat halus</i>	28
e). <i>Pemeriksaan gradasi agregat halus</i>	29
f). <i>Pemeriksaan berat jenis agregat kasar dan penyerapan</i>	30
g). <i>Pengujian keausan agregat kasar</i>	31
h). <i>Pemeriksaan gradasi agregat kasar</i>	32
2. Perencanaan campuran beton	33
3. Pengujian <i>slump</i>	33
4. Pembuatan benda uji.....	34
a). <i>Pembuatan benda uji silinder</i>	34
b). <i>Pembuatan benda uji plat beton bertulang</i>	36
5. Pengujian baja, bambu dan beton.....	38
a). <i>Pengujian kuat tarik baja</i>	38
b). <i>Pengujian kuat tarik bambu pilin</i>	38

<i>c). Pengujian kuat tekan beton</i>	39
<i>d). Pengujian kuat lentur plat beton</i>	40

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Agregat	42
1. Pengujian agregat halus	42
2. Pengujian agregat kasar	43
B. Pengujian Kuat Tarik Baja dan Bambu	45
C. Pengujian <i>Slump</i>	46
D. Pengujian Berat Jenis Beton	47
E. Pengujian Kuat Tekan Beton	48
F. Pengujian Kuat Lentur Plat Beton	50

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	54
B. Saran	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1.	Penulangan plat satu arah.....	10
Gambar III.2.	Penulangan plat dua arah	11
Gambar III.3.	Skema pengujian kuat tekan beton.....	14
Gambar III.4.	Skema pengujian kuat lentur plat	15
Gambar III.5.	Distribusi regangan dan tegangan pada plat.....	16
Gambar IV.1.	<i>Fly ash</i>	17
Gambar IV.2.	Sodium silikat dan sodium hidroksida	17
Gambar IV.3.	Tulangan bambu pilin	18
Gambar IV.4.	Agregat halus (pasir)	18
Gambar IV.5.	Agregat kasar (kerikil)	19
Gambar IV.6.	Air	19
Gambar IV.7.	Tulangan baja.....	19
Gambar IV.8.	Satu set ayakan.....	20
Gambar IV.9.	Alat penggetar ayakan.....	20
Gambar IV.10.	Timbangan	21
Gambar IV.11.	Gelas ukur	21
Gambar IV.12.	Kerucut <i>abram's</i>	22
Gambar IV.13.	<i>Concrete molen</i>	22
Gambar IV.14.	<i>Oven</i>	23
Gambar IV.15.	<i>Bekisting</i>	23
Gambar IV.16.	Alat uji kuat tekan dan lentur.....	24
Gambar IV.17.	Bagan alir penelitian	26
Gambar IV.18.	Tes <i>slump</i>	34
Gambar IV.19.	Pembuatan silinder beton	36
Gambar IV.20.	Pencetakan benda uji.....	37
Gambar IV.21.	Perawatan benda uji	37
Gambar IV.22.	Pengujian kuat tarik baja.....	38
Gambar IV.23.	Pengujian kuat tarik bambu.....	39
Gambar IV.24.	Perletakan benda uji silinder	40

Gambar IV.25. Proses pengujian kuat tekan beton	40
Gambar IV.26. Perletakan benda uji plat beton	41
Gambar IV.27. Proses pengujian kuat lentur plat beton	41
Gambar V.1. Grafik gradasi agregat halus.....	43
Gambar V.2. Grafik gradasi agregat kasar.....	45
Gambar V.3. Perbandingan kuat tarik baja dan bambu	46
Gambar V.4. Perbandingan antara berat jenis beton normal dan beton <i>geopolymer</i>	48
Gambar V.5. Perbandingan antara kuat tekan beton normal dan beton <i>geopolymer</i>	49
Gambar V.6. Grafik momen lentur pengujian	51
Gambar V.7. Perbandingan antara momen lentur uji dengan analisis	52

DAFTAR TABEL

Tabel III.1.	Gradasi agregat halus	12
Tabel III.2.	Gradasi agregat kasar	12
Tabel III.3.	Senyawa kimia pada <i>fly ash</i>	13
Tabel V.1.	Hasil pemeriksaan agregat halus.....	42
Tabel V.2.	Hasil pemeriksaan agregat kasar.....	44
Tabel V.3.	Hasil pengujian kuat tarik baja	45
Tabel V.4.	Hasil pengujian kuat tarik bambu pilin.....	45
Tabel V.5.	Hasil pengujian nilai <i>slump</i> FAS 0.6	46
Tabel V.6.	Perhitungan berat jenis beton normal	47
Tabel V.7.	Perhitungan berat jenis beton <i>geopolymer</i>	47
Tabel V.8.	Data hasil pengujian kuat tekan beton normal.....	48
Tabel V.9.	Data hasil pengujian kuat tekan beton <i>geopolymer</i>	49
Tabel V.10.	Data hasil pengujian kuat lentur plat beton bertulang	50
Tabel V.11.	Persentase selisih momen lentur pengujian	51
Tabel V.12.	Data hasil perhitungan momen lentur maksimal secara analisis	52
Tabel V.13.	Persentase selisih momen kapasitas pengujian dan analisis	53

DAFTAR NOTASI

A	= Luas permukaan benda uji yang tertekan, (mm^2)
A_s	= Luas tulangan Longitudinal tarik (mm^2)
A'_s	= Luas tulangan longitudinal tekan (mm^2)
A_{st}	= Luas total tulangan longitudinal (mm^2)
$a_{\text{Maks,leleh}}$	= Tinggi a maksimum pada batas tulangan tarik sudah leleh (mm)
$a'_{\text{min,leleh}}$	= Tinggi a maksimum pada batas tulangan tekan sudah leleh (mm)
b	= Lebar benda uji (mm)
C_c	= Gaya tekan beton (N)
D	= Diameter benda uji (mm)
d	= Jarak antara tepi serat beton tekan dan pusat berat tulangan tarik, (mm)
d_d	= Jarak antar tepi serat beton tekann dan pusat berat tulangan tarik pada baris paling dalam (mm)
d'_d	= Jarak antar tepi serat beton tekan dan pusat berat tulangan tekan pada baris paling dalam, (mm)
d_s	= jarak pusat tulangan tarik dan tepi serta beton tarik (mm)
d_{s1}	= Jarak tepi serat beton tarik dan pusat berat tulangan tarik baris pertama (mm)
d_{s2}	= Jarak antara pusat berat tulangan tarik barispertama dan kedua (mm)
d'_s	= Jarak antara tepi serat beton tekan dan pusat berat tulangan tekan (mm)
FAS	= Faktor Air Semen
f'_{cr}	= Kuat tekan rata-rata rencana (MPa)
f'_c	= Kuat tekan beton (MPa)
f_y	= Tegangan leleh baja (Mpa)
f_{maks}	= Tegangan maksimal baja (Mpa)
h	= Tinggi benda uji (mm)
L	= Panjang jarak antar tumpuan (mm)
MHB	= Modulus Halus Butir

M_L	= Momen lentur balok (N.mm)
m	= Nilai Margin
M_{kap}	= Momen lentur rencana plat (N.mm)
P	= Beban uji maksimum (N)
q	= Berat sendiri plat (N/mm)
s	= Standar Deviasi
V	= Volume benda uji (mm ³)
W	= Berat benda uji (gr)
W	= Tahanan momen terhadap penampang (mm ³)
β_1	= faktor pembentuk tegangan beton persegi ekuivalen.
γ_c	= Berat jenis beton (gr/cm ³)
ρ	= rasio tulangan balok

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran IV.1. Pengujian kandungan lumpur pada pasir.....	L-1
Lampiran IV.2. Pengujian kualitas pasir atau kandungan bahan organik	L-2
Lampiran IV.3. Pengujian <i>saturated surface dry</i>	L-3
Lampiran IV.4. Pemeriksaan berat jenis agregat halus	L-4
Lampiran IV.5. Pengujian gradasi pasir	L-5
Lampiran IV.6. Pengujian berat jenis agregat kasar	L-6
Lampiran IV.7. Pengujian keausan agregat kasar	L-7
Lampiran IV.8. Pengujian gradasi agregat kasar	L-8
Lampiran IV.9. Pembuatan larutan aktivator	L-9
Lampiran IV.10. Perencanaan campuran adukan beton <i>geopolymer</i>	L-10
Lampiran IV.11. Perencanaan campuran beton normal.....	L-12
Lampiran IV.12. Pengujian <i>slump</i>	L-14

ABSTRAK

TINJAUAN KUAT LENTUR PLAT BETON *GEOPOLYMER* BERTULANG DENGAN TULANGAN BAMBU PILIN

Geopolymer merupakan material ramah lingkungan yang bisa dikembangkan sebagai alternatif pengganti semen. *Geopolymer* mengandung banyak unsur silikon dan aluminium. Unsur tersebut banyak terdapat pada material buangan industri seperti abu terbang (*fly ash*). Untuk beton *geopolymer* memerlukan bahan pengikat tambahan *alkaline activator* yang berupa sodium silikat dan sodium hidroksida dengan perbandingan 5:2. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan beton *geopolymer* ke dalam struktur beton bertulang. Pada penelitian ini membuat plat beton bertulang, dengan dimensi plat 8 mm x 50 cm x 100 cm. Tulangan plat menggunakan besi D8, dan bambu pilin D8. *Mix design* beton *geopolymer* mengacu pada penelitian sebelumnya, dan beton normal menggunakan metode dari ACI dengan kuat tekan rencana 20 MPa. Jumlah benda uji 3 silinder beton normal, 3 silinder beton *geopolymer*, 3 plat beton normal tulangan D8, 3 plat beton normal tulangan bambu pilin D8, 3 plat beton *geopolymer* tulangan D8, dan 3 plat beton *geopolymer* tulangan bambu pilin D8. hasil pengujian Berat jenis beton normal 2,176 gr/cm³ sedangkan berat jenis beton *geopolymer* lebih besar dari pada beton normal yaitu 2,259 gr/cm³. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas beton normal dan tulangan D8 masih diatas beton *geopolymer* dan tulangan bambu pilin D8. Kuat tekan rata-rata beton normal yaitu 19,250 MPa, sedikit di bawah dari perencanaan yaitu 20 MPa. Kuat tekan beton *geopolymer* hanya mencapai 12,544 MPa. Momen lentur maksimal plat beton normal bertulang D8 sebesar 3,952 kNm, plat beton normal bertulang bambu pilin D8 sebesar 1,860 kNm, plat beton *geopolymer* bertulang D8 sebesar 2,100 kNm, dan plat beton *geopolymer* bertulang bambu D8 sebesar 1,537 kNm.

Kata kunci: baja D8, bambu pilin D8, plat beton, plat beton *geopolymer*

ABSTRACT

Geopolymer is an environmentally friendly material that can be developed as an alternative to cement. Geopolymer contains many of the elements silicon and aluminum. These elements are found in many industrial waste materials such as fly ash (fly ash). Geopolymer concrete need for additional alkaline activator binding material in the form of sodium silicate and sodium hydroxide in the ratio of 5: 2. This study aims to apply geopolymer concrete into reinforced concrete structures. In this study made of reinforced concrete plate, the plate dimensions 8 mm x 50 cm x 100 cm. Reinforcement using steel plate D8 and D8 gyre bamboo .. geopolymer concrete mix design refers to previous studies, and normal concrete using the method of ACI with a compressive strength of 20 MPa plan. Number of test specimens of normal concrete cylinders 3, 3 cylinder geopolymer concrete, normal concrete slab reinforcement 3 D8, 3 normal concrete slab reinforcement stranded bamboo D8, 3 geopolymer concrete slab reinforcement D8, and 3 geopolymer concrete slab reinforcement stranded bamboo D8. test results normal concrete density 2.176 g / cm³, while the density of concrete geopolymer greater than normal concrete is 2,259 gr / cm³. The results showed that the quality of normal concrete and reinforcement D8 is still above the geopolymer concrete and bamboo reinforcement gyre D8. The average compressive strength of normal concrete is 19,250 MPa, a little less of the planning that is 20 MPa. Geopolymer concrete compressive strength only reached 12.544 MPa. Maximum bending moment reinforced concrete plate normally D8 of 3.952 kNm., normal concrete slab of reinforced bamboo gyre of 1,860 kNm. D8, D8 reinforced geopolymer concrete slab at 2,100 kNm. and bamboo reinforced geopolymer concrete slab D8 amounting to 1,537 kNm.

Keywords: steel D8, D8 stranded bamboo, concrete slab, geopolymer concrete slab